

PCT/JP00/07230

日 本 国 特 許 庁

21.11.00

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 19 JAN 2001

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年10月22日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第300608号

出 願 人
Applicant(s):

昭和電線電纜株式会社

09/868766

#3
17 Sept
J.P. Tallar

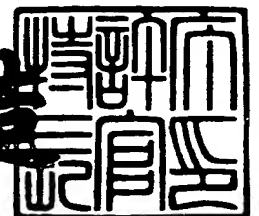
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年12月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3105418

| | |
|----------|-------------------------------------|
| 【書類名】 | 特許願 |
| 【整理番号】 | W99104 |
| 【提出日】 | 平成11年10月22日 |
| 【あて先】 | 特許庁長官殿 |
| 【国際特許分類】 | G02B 6/00 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 渡辺 秀 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 松山 栄治 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 成瀬 秋義 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 村上 裕一 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 牟田 健一 |
| 【発明者】 | |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 |
| 【氏名】 | 山本 豊光 |

【特許出願人】

【識別番号】 000002255

【氏名又は名称】 昭和電線電纜株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077584

【弁理士】

【氏名又は名称】 守谷 一雄

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第177067号

【出願日】 平成11年 6月23日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014384

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】光減衰器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シングルモード光ファイバのコアの中心部分の屈折率を前記コアの外周部分に比べ高くしたことを特徴とする光減衰器。

【請求項 2】

前記コアの屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとすることによりモードフィールドの波長依存性を大きくしたことを特徴とする請求項 1 記載の光減衰器。

【請求項 3】

シングルモード光ファイバ中に、波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを含有させた光減衰器であって、ドーパント領域をコアの中心部に制限し、前記コアの中心部分の屈折率を前記コアの外周部分に比べ高くしたことを特徴とする光減衰器。

【請求項 4】

前記ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとしたことを特徴とする請求項 3 記載の光減衰器。

【請求項 5】

シングルモード光ファイバ中に、波長が短いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを含有させた光減衰器であって、ドーパント領域をコアの外周部に制限し、前記コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率を前記コアの外周部分に比べ高くしたことを特徴とする光減衰器。

【請求項 6】

前記コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率プロファイルをグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとしたことを特徴とする請求項 5 記載の光減衰器。

【請求項 7】

シングルモード光ファイバ中に、波長が短いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを含有させた光減衰器であって、ドーパント領域をコアの中心部分に制限し、前記コアの中心部分の屈折率を前記コアの外周部分に比べ高くしたことを特徴とする光減衰器。

【請求項 8】

前記ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとしたことを特徴とする請求項 8 記載の光減衰器。

【請求項 9】

シングルモード光ファイバ中に、波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを含有させた光減衰器であって、ドーパント領域をコアの外周部分に制限し、前記コアの中心部分の屈折率を前記コアの外周部分に比べ高くしたことを特徴とする光減衰器。

【請求項 10】

前記ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとしたことを特徴とする請求項 9 記載の光減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光減衰器に係わり、特に光通信、光計測、CATVシステム等の分野において光信号を一定量減衰させるために使用される光減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、光ファイバ中に一定の光減衰用のドーパント部材を含有させた光減衰器が広く一般に知られている。

【0003】

この光減衰器に含有されるドーパント部材は、透過光の光減衰特性が光信号の

波長により減衰量が可変し、したがって波長依存性があるので、例えば、 $1.3\ \mu\text{m}$ （短波長）、 $1.5\ \mu\text{m}$ （長波長）の異なる 2 波長の光信号を入力した場合、ほぼ同一の減衰量を得る目的で、光ファイバのモードフィールド径の調整やモードフィールド径に対するドーパント領域を限定することで、ほぼ同一量減衰量を得て波長依存性を少なくした光減衰器が知られている（特開平 8 - 1 3 6 7 3 6 号公報、特開平 1 3 6 7 3 7 号公報）。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

近年、光通信の多様化に伴い、波長の差が狭い、例えば、 $1300\text{nm}\pm 50\text{nm}$ あるいは $1550\text{nm}\pm 50\text{nm}$ といった狭い波長範囲であっても同一の光減衰量を得る（波長依存性をなくす）光減衰器やこれとは反対に、 $1.3\ \mu\text{m}$ （短波長）、 $1.5\ \mu\text{m}$ （長波長）の異なる 2 波長の光信号を入力した場合、光減衰量の波長依存特性を今まで以上に大きくした光減衰器も求められるようになった。

【0 0 0 5】

しかしながら、特開平 8 - 1 3 6 7 3 6 号公報、特開平 8 - 1 3 6 7 3 7 号公報に開示された光減衰器は、 $1.3\ \mu\text{m}$ （短波長）、 $1.5\ \mu\text{m}$ （長波長）といった離れた波長の異なる 2 波長の光信号を入力した場合には、ほぼ同一の減衰量を得られるので有効であるが、波長の差が小さい場合には、ドーパント領域の限定やモードフィールド径の調整だけでは、同一の光減衰量を得られない（波長依存特性が大きい）という問題があった。

【0 0 0 6】

一方、短波長と長波長の異なる 2 波長の光信号を入力した場合、光減衰量の波長依存特性を今まで以上に大きくするには、例えば、特開平 8 - 1 3 6 7 3 6 号公報に開示された光減衰器に対して、モードフィールドを光ファイバの横断面から見て、軸芯に近い部分で高い濃度を示すように、光信号の波長が短いほど光信号を大きく減衰させるドーパントを含有させるかあるいは、モードフィールドを光ファイバの横断面から見て、外周に近い部分に部分で高い濃度を示すように、光信号の波長が長いほど光信号を大きく減衰させるドーパントを含有させるれば理論的には実現できる。

【0007】

また、特開平 8-136737 号公報についても同様に、モードフィールド径の波長特性と、ドーパント部材の波長特性の組み合わせを逆にすれば、理論的には実現できる。

【0008】

しかしながら、ドーパントの含有濃度を高くして、モードフィールド径に対する含有領域を狭い範囲に限定すれば、短波長と長波長の光減衰量の差は大きくなるが、光ファイバ中に含有させることができるドーパント部材の含有濃度には限界があり、濃度が高すぎると光ファイバとして各特性が安定した製品を作成できないし、その含有領域が極めて狭いものは技術的に作成できないという難点があった。

【0009】

本発明は、このような難点に鑑みなされたもので、ドーパントの含有濃度を比較的強く押さえながら、その含有範囲も実現できる範囲である光減衰器の構成で、第 1 には、極めて近い波長の異なる光信号に対して、光減衰量を一定にできる光減衰器を提供すること、第 2 には、波長が異なる光信号に対して、光ファイバの各特性を安定させた状態で、かつドーパント濃度や含有領域範囲が現実的であって光減衰量の差をできるだけ大きくできる光減衰器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバのコアの中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にしたものである。この場合、コアの屈折率分布をグレーデッドインデックス型（外周部分から中心部に向かって連続的に屈折率が高くなる）、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた 1 つとすることによりモードフィールド径の長短による透過光減衰量の波長依存特性を大きくしたものである。

【0011】

この光減衰器の構成によって、必要な減衰特性を得るためのドーパント領域の

制限幅の狭さを可能な限り広げ、濃度の濃さを極力低く抑えることができる。

【0012】

本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバ中に波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパント材料を含有したものであって、その含有領域をコアの中心部分に制限し、コアの中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にしたものである。この場合、ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた1つとすることによりモードフィールド径の長短による透過光減衰量の波長依存特性を大きくしたものである。

【0013】

この光減衰器の構成によって、異なる2波長の光信号で、その波長が短波長でその差が小さい(1300nm±50nm)光信号を入力した場合に、同一の光減衰量が得られる。

【0014】

本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバ中に波長が短いほど透過光を大きく減衰させるドーパント材料を含有したものであって、その含有領域を、コアの外周部に制限し、コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にしたものである。この場合、コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率プロファイルグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた1つとすることによりモードフィールド径の長短による透過光減衰量の波長依存特性を大きくしたものである。

【0015】

この光減衰器の構成によって、異なる2波長の光信号で、その波長が長波長でその差が小さい(1550nm±50nm)光信号を入力した場合に、同一の光減衰量が得られる。

【0016】

本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバ中に波長が短いほど透過光を大きく減衰させるドーパント材料を含有した光減衰器であって、その含有領域を

コアの中心部分に制限し、コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にしたものである。この場合、コアのドーパントを含有しない中心部分の屈折率プロファイルをグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた1つとすることによりモードフィールド径の長短による透過光減衰量の波長依存特性を大きくしたのである。

【0017】

この光減衰器の構成によって、異なる2波長の光信号で、その波長の違いによる透過光減衰量の差をできる限り大きくしたものが得られる。

【0018】

本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバ中に波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパント材料を含有したものであって、その含有領域を、コアの外周部に制限し、ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型として、モードフィールド径の長短による透過光減衰量の波長依存特性を大きくしたものである。

【0019】

本発明の光減衰器は、シングルモード光ファイバのドーパント領域を光信号伝送に実質的に寄与するモードフィールドを光ファイバの横断面内でその半径方向に見て、含有濃度が不均一に分布するように、光ファイバ中に、透過光減衰特性が光信号の波長に依存するドーパントを含有させ、コアの中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にしたものである。この場合、ドーパント領域の屈折率分布をグレーデッドインデックス型、放物線形状、三角波形状、方形波形状、台形波形状からなるグループから選ばれた1つとすることによりモードフィールド径の透過光減衰特性の波長依存性を大きくしたものである。

【0020】

この光減衰器の構成によって、ドーパント領域の狭さとドーパント濃度の濃さを低く抑えたとしても必要な減衰特性が得られる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の光減衰器における好ましい実施の形態例について図面にしながら説明する。

【0022】

図1は、本発明の光減衰器の構成を示す端面図である。図の上部には、光減衰器の端面が表され、下部には、その側面から見た屈折率プロファイルが表されている。この光ファイバ5は、例えば図2に示したような方法でフェルール2の中心に配置して使用される。すなわち、その一端から光信号を受け入れ、一定量の光信号を減衰させた上で他端に出力するように使用される。光ファイバ5にはその目的のために光信号を減衰させるためのドーパントを含有させる。

【0023】

ここで、本発明の光減衰器は、光ファイバ5のコア6の軸芯に近い部分6a（センターコア）の屈折率プロファイルをグレーデッドインデックス型（外周部分から中心部に向かって連続的に屈折率が高くなる）とし、この領域7内に高い含有濃度のドーパントを含有する。そのドーパント領域7に図では、ハッチングを付している。

【0024】

シングルモードファイバでは、コア径 $2a_2$ が極めて小さいため、光信号のエネルギーは実際にはコア6を中心としてコア6の外周部にあるクラッド8の一部にまではみ出して伝搬する。そのエネルギーの大部分が含まれる範囲が、実質的に光信号伝送に寄与するモードフィールド9部分で、定量的には後で式1を用いて説明する方法で求められる。なお、これは、ステップインデックス型ファイバのものでもグレーデッドインデックス型ファイバのものでも同様である。図1に示す光ファイバ5は、モードフィールド9の直径は 2ω 、ドーパント領域7の直径は $2a_1$ 、コア6の直径は、 $2a_2$ と表した。また、コア6の軸芯付近の最大の屈折率とクラッド8部分の屈折率の差を Δ_2 、コア6の外周部分6b（アウターコア）の最大の屈折率とクラッド8部分の屈折率の差を Δ_1 と表した。

【0025】

ここで、このような光信号減衰のための光ファイバ5中に含有させるドーパントの説明を行なう。図3（a）、（b）は、各種ドーパントの波長と損失の関係

を示している。グラフの縦軸には、波長をナノメートル [nm] で表し、縦軸には、光減衰量を [dB/km] で表した。通常、通信用光ファイバには、遷移金属あるいは希土類金属のドーパントが使用され、それぞれ1種または2種以上を混合して使用することもできる。図3 (a) において、①はマンガンMn、②はニッケルNi、③はクロムCr、④はバナジウムV、⑤はコバルトCo、⑥は鉄Fe、⑦は銅Cuの特性を示している。図3 (b) において、⑧はサマリウムSm、⑨はトリウムTmの特性を示している。

【0026】

本発明の光減衰器の第1の実施例では、光信号の波長が長いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを使用する。この光減衰器で使用する波長を例えば、 $1.5\mu\text{m}$ ～ $1.6\mu\text{m}$ 程度とすれば、この図3 (a) の⑤に示すコバルトCoがドーパントとして適していることが分かる。

【0027】

図4に、このようなコバルトCoをドーパントとして使用し、図1に示すような領域に、このドーパントを含有させた場合の光信号パワー分布を示す。図4は、縦軸に出力パワーを示し、横軸はファイバの径方向の位置を示している。図4のK1は、 $1.50\mu\text{m}$ の波長の光信号を光ファイバ中で伝送した場合の半径方向に見たパワー分布である。また、曲線K2は、 $1.60\mu\text{m}$ の光信号についてのパワー分布を示す。

【0028】

表1には、図4に示した本発明の光減衰器の第1実施例に係る構造のファイバと通常のステップインデックス型のファイバに、各々波長 $\lambda_1 = 1.50\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 1.60\mu\text{m}$ を入力した場合の各ファイバにおける各波長 λ_1 、 λ_2 に対応するモードフィールド径（以下、「MFD径」という。）の差を示す。

【0029】

【表 1】

| | 1.50 μ mと1.60 μ mでの モードフィールド径の差 (μ m) |
|----------------|---|
| 実施例 | 0.52 |
| ステップ インデックス | 0.25 |

【0030】

これは、すなわち、本発明に係るファイバの方が、波長の違いによるMFD径の差が大きい（波長依存性が大きい）ことを示している。

【0031】

そして、コアの軸芯部分に集中的にコバルトCoを含有させると、波長の長い信号程、全体の信号エネルギーからみた減衰の影響を受ける部分の割合が少なくなる。

【0032】

このことは、ドーパント部材の光減衰量の波長依存性を打ち消すことを示している。

【0033】

その結果、全体としてみた場合に、この減衰器ではは著の波長の差が小さい短い波長の光信号と長い波長の光信号が、共に同程度の減衰量で減衰することになる。

【0034】

従来のステップインデックス型ファイバの場合、上述した第1実施例と同程度の減衰量を示す設計をすると、MFD径の光減衰量の波長依存性が少ないため、コバルトCoのドーパント領域を狭くしなければならず、結果として、ドーパントの含有濃度が高くなり、製造上重大な問題を生じていた。

【0035】

式1を参照して以下に具体例を示す。式1は、光ファイバの減衰量 α とモードフィールド径 w の演算方法を示す説明図である。

【0036】

【数 1】

| | |
|--------------------|--|
| 減衰量 α | $\alpha = \frac{\int \alpha_{Co} A(r) P(r) r dr}{\int P(r) r dr} \dots\dots (1) \text{ 式}$ <p> α : 1cm 当たりの減衰量 r : ファイバの径方向の座標 $A(r)$: 径方向の Co の含有濃度 α_{Co} : Co の吸収係数 $P(r)$: 径方向の光パワー分布 </p> <p style="text-align: right;"> $\lambda = 1.50 \mu m \rightarrow 5.19 \times 10^{-3} \text{ dB/cm} \cdot \text{ppm}^{-1}$ $\lambda = 1.60 \mu m \rightarrow 5.95 \times 10^{-3} \text{ dB/cm} \cdot \text{ppm}^{-1}$ </p> |
| モードフィールド径 ω | $2\omega = 2 \left[2 \frac{\int P^2(r) r^3 dr}{\int P^2(r) r dr} \right]^{1/2} \dots\dots (2) \text{ 式}$ <p> $P(r)$: 径方向の光パワー分布 r : ファイバの径方向の座標 </p> |

【0 0 3 7】

式 (1) に示すように、光ファイバにおける光信号の減衰量 α は光信号の半径方向のパワー分布 $P(r)$ とドーパントであるコバルトの含有濃度分布によって求めることができる。モードフィールド径 ω は式 (2) によって求めることができる。

【0 0 3 8】

コバルト Co を含有するプロファイルをグレーテッドインデックス型とする領域のコア径に対する比 (a_1/a_2) は、大きすぎても小さすぎてもステップインデックス型に近づいていきモードフィールド径 ω の波長依存性はステップインデックス型に近づいてしまう。また、比 (a_1/a_2) が小さい場合、モードフィールド径 ω の波長依存性が小さくてもコバルト Co のドーパント領域が小さくなることにより、減衰量 α の波長依存性は少なくなるが、コバルト Co の添加量が大きくなることや工程数の増加等の問題がある。ここでは $a_1/a_2 = 0.5$ を使用した結果を示す。

【0 0 3 9】

図 5 に屈折率の差の比率 Δ_1/Δ_2 を横軸に、 $1.55 \mu m$ での減衰量を 10 dB としたときの $1.50 \mu m$ と $1.60 \mu m$ での損失 (減衰量) 差を縦軸にとつ

たグラフを示す。図5より、 $\Delta 1/\Delta 2$ が大きい程 $1.50\mu\text{m}$ と $1.60\mu\text{m}$ での減衰量差が広がる。この値でドーパント部材の減衰量の波長依存性を相殺すればよい。

【0040】

なお、表2には図5に示した波長依存性の少ない $\Delta 1/\Delta 2 = 0.75$ のファイバの構造特性を示した。 $\Delta 1/\Delta 2$ が 0.35 になっていないのは曲げ損失等を考慮した実用的なファイバ構造を示しているためである。

【0041】

図6には、表2のファイバの波長に対する減衰量を示している。光減衰器のコア中心部にコバルトCoを添加し、プロファイルをグレーテッドインデックス型にすることで波長依存性が小さくなっている。

【0042】

【表2】

| | コア径 | a_1/a_2 | $\Delta 1/\Delta 2$ | MFD ($1.50\mu\text{m}$) | MFD ($1.60\mu\text{m}$) |
|----------------|------------------|-----------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| 実施例 | $7.4\mu\text{m}$ | 0.5 | 0.5 | 9.15 | 9.67 |
| ステップ インデックス | $9.5\mu\text{m}$ | 0.5 | 0.5 | 9.26 | 9.51 |

【0043】

このサンプルは、コバルトCoが含有されている範囲内でコバルトの濃度分布を全て一定になるように設定した。光ファイバの減衰量は 10dB/m になるように設定した。この結果、 $a_1/a_2 = 0.5$ では、 $\Delta 1/\Delta 2 = 0.35$ で波長依存性が無くなっている。 a_1/a_2 が大きくなった場合には、 $\Delta 1/\Delta 2$ を大きくし、 a_1/a_2 が小さくなった場合には、 $\Delta 1/\Delta 2$ を小さくすることで波長無依存な光減衰器を得ることができる。

【0044】

上記第1の実施例では、ドーパントとして光信号の波長が長いほど透過光を大きく減衰させるものを光ファイバ5のコア6の軸芯に近い部分6a（センターコア）に使用した。一方、ドーパントを含有させる領域を変更することによって、

光信号の波長が短いほど透過光を大きく減衰させるものを使用することもできる。
例えば、図3(a)の例では、④のパナジウムV等が挙げられる。

【0045】

図7に光信号の波長が短いほど透過光を大きく減衰させるものを使用した本発明の光減衰器の第2の実施例を示す。この第2の実施例では、光信号の波長が短いほど透過光を大きく減衰させるドーパントを屈折率プロファイルをグレーテッドインデックス型にした径を除くコア6'の部分6b(アウターコア)に含有させドーパント含有領域7'を構成している。この場合には、パワー分布が光ファイバ5'の半径方向に広がる波長の長い光信号ほどドーパントの影響を受ける。

【0046】

このように本発明の光減衰器では、シングルモード光ファイバの光信号伝送に実質的に寄与するモードフィールド9、9'の波長依存性を屈折率プロファイルを制御することで大きくし、光ファイバ5、5'のコア6、6'の横断面内で見えてドーパントの含有濃度分布を適当に選択し、透過光減衰特性が光信号の波長に依存するドーパントを用いて、一定の範囲内の波長の光信号に対する光減衰特性をほぼ等しく調整することができる。なお、上記実施例では、ドーパントをコア6の軸芯部分6aあるいはコア6の周辺部分6bにのみ含有させているが、適当な濃度分布をつけるようにしても差し支えない。また、全ての光信号波長に対して均一な特性を得なければならないわけではなく、幾つかの範囲の光信号に対して、範囲毎に一定の減衰量を得られるように含有範囲を設定することが可能である。

【0047】

第1、第2実施例の場合は、特に入力される異なる2種類の波長の光信号の波長の差が小さいものに対して、略同一の減衰量を得るのに有効な構成である。

【0048】

次に、本発明の光減衰器の第3の実施例を説明する。

【0049】

シングルモードファイバのコアの軸芯付近の屈折率プロファイルは、上述した第1、第2の実施例のものと同様である。

【0050】

異なる部分は、軸芯部分に含有させるドーパント部材を、波長が短いほど透過光を大きく減衰させる部材、例えば、図3（b）の⑧に示すサマリウムSmを含有させ、軸芯部分の屈折率をグレーテッドインデックス型とする部分の径とコア径との比を調整することで、MFD径の波長依存性を大きくしていることである。

【0051】

図8は、コア全体にサマリウムSmを含有させた場合と、軸芯のみにサマリウムSmを含有させた場合の波長に対する、減衰量を示したもので、図より1530nm～1550nmの間で、軸芯のみにサマリウムSmを含有させた方が減衰量が大きいことがわかる。

【0052】

このような構成にすると、波長の異なる2種類の光信号を入力すると、波長が短い光信号ほど大きく減衰することになるが、必要以上にセンターコア径を小さくして、かつドーパント濃度も濃くしなくても大きな減衰量が得られる。

【0053】

したがって、波長の異なる2種類の光信号を入力して、これら光信号の減衰量の差を大きくしたい場合に、極めて有効な構成である。

【0054】

次に、本発明の光減衰器の第4の実施例を説明する。

【0055】

シングルモードファイバのコアの軸芯付近の屈折率プロファイルは、上述した第1、第2の実施例のものと同様である。

【0056】

異なる部分は、軸芯部分の屈折率プロファイルをグレーテッドインデックス型とした径の外周のコアの部分に、波長が長いほど透過光を大きく減衰させる部材、例えば、コバルトCoを含有させ、軸芯部分の屈折率をグレーテッドインデックス型とする部分の径とコア径との比を調整することで、MFD径の波長依存性を大きくしていることである。

【0057】

図9は、コア全体にコバルトCoを含有させた場合と、コアの外周のみにコバルトCoを含有させた場合の波長に対する、減衰量を示したもので、図より1560nm～1570nmの間で、コアの外周のみにCoを含有させた方が減衰量が大きいことがわかる。

【0058】

このような構成にすると、波長の異なる2種類の光信号を入力すると、波長が長い光信号ほど大きく減衰することになるが、必要以上にドーパント濃度を濃くしなくても大きな減衰量が得られる。

【0059】

したがって、波長の異なる2種類の光信号を入力して、これら光信号の減衰量の差を大きくしたい場合に、極めて有効な構成であることがわかる。

【0060】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の光減衰器によれば、ドーパントの含有濃度を比較的低く押さえながら、その含有範囲も実現できる範囲である光減衰器の構成で、極めて近い波長の異なる光信号に対して、光減衰量を一定にすることが可能である。

【0061】

また、本発明の光減衰器によれば、波長が異なる光信号に対して、光ファイバの各特性を安定させた状態で、かつドーパント濃度や含有領域範囲が現実的であって光減衰量の差を可及的に大きくすることが可能である。

【0062】

特に、コア内の軸芯付近の屈折率をコアの外周部分に比べ高くし径とコア径との比を調整することで、MFD径の波長依存性を大きくして、例えば、波長が長い信号ほど減衰量が大きくなるドーパント部材をコア内の軸芯付近の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした径内に集中的に含有させ、ドーパント部材の減衰量波長依存性を相殺すれば、波長の違いによる減衰量を同一にすることができる。

【0063】

また、コア内の軸芯付近の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした径を除くコア内に波長が短いほど減衰量が大きくなるドーパント部材を集中的に含有させることにより、波長差が少ない光信号の減衰量を同一にすることに有効な手段となる。

【0064】

さらに、コア内の軸芯付近の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした構成にした径とコア径との比を調整することで、MFD径の波長依存性を大きくして、例えば、波長が短いほど減衰量が大きくなるドーパント部材をコア内の中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした径内に集中的に含有させ、ドーパント部材の減衰量波長依存性を大きくすることにより波長の違いによる減衰量の差を大きくすることが可能となる。

【0065】

また、コア内の軸芯付近の屈折率コアの中心部分の屈折率をコアの外周部分に比べ高くした径を除くコア内に波長が長いほど減衰量が大きくなるドーパント部材を集中的に含有させることにより、波長の違いによる光信号の減衰量の差を大きくしたい場合に、MFD径を必要以上に小さくすることなく、かつドーパント濃度も必要以上に濃くせずに実現するのに極めて有効な手段となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による光減衰器の一実施例の構成を示し、図の上部には光減衰器の端面を表わされ、下部にはその側面から見た屈折率プロファイルが表わされている。

【図2】

本発明の光減衰器をフェルールの中心に配置して使用する状態を示す図。

【図3】

(a)、(b)は各種ドーパントをパラメータとして波長と損失の関係を示すグラフ。

【図4】

本発明の光減衰器中の光信号パワー分布を示す図。

【図5】

本発明の光減衰器においてコアの軸芯付近の最大の屈折率とクラッド部分の屈折率の差を $\Delta 1$ 、コアの外周部分の最大の屈折率とクラッド部分の屈折率の差を $\Delta 2$ としたとき屈折率差比 $\Delta 1/\Delta 2$ と $1.50\mu\text{m}$ と $1.60\mu\text{m}$ での損失差との関係を示すグラフ。

【図 6】

本発明による光減衰器のコア中心部にコバルト Co を添加した場合の波長に対する減衰量を示す線図。

【図 7】

本発明による光減衰器の他の実施例の構成を示し、図の上部には光減衰器の端面を表わされ、下部にはその側面から見た屈折率プロファイルが表わされている。

【図 8】

コア全体にサマリウム Sm を含有させた場合と、軸芯のみにサマリウム Sm を含有させた場合の波長に対する減衰量を示す線図。

【図 9】

コア全体にコバルト Co を含有させた場合と、コアの外周のみにコバルト Co を含有させた場合の波長に対する、減衰量を示す線図。

【符号の説明】

5、5' ……シングルモード光ファイバ

6、6' ……コア

6a、6a' ……コアの中心部分（センターコア）

（センター領域の軸芯に近い部分）

6b、6b' ……コアの外周部（アウターコア）

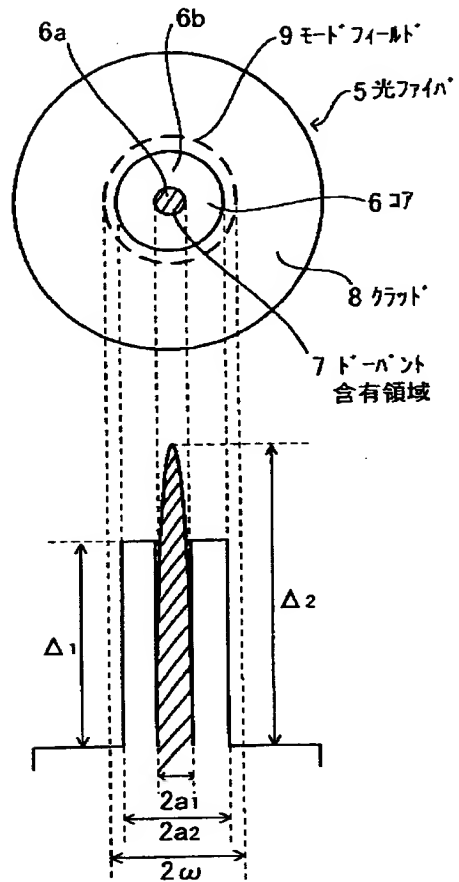
（コアの外周に近い部分）

7、7' ……ドーパント領域

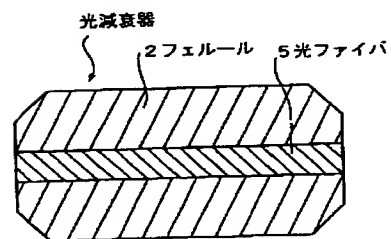
9、9' ……モードフィールド

【書類名】 図面

【図 1】

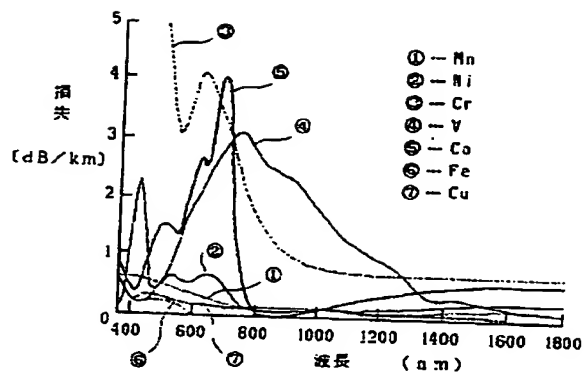


【図 2】

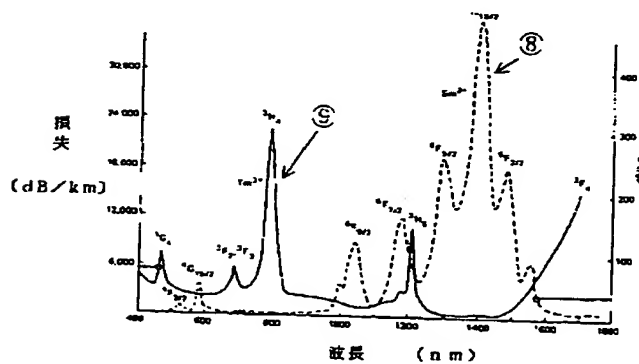


【图 3】

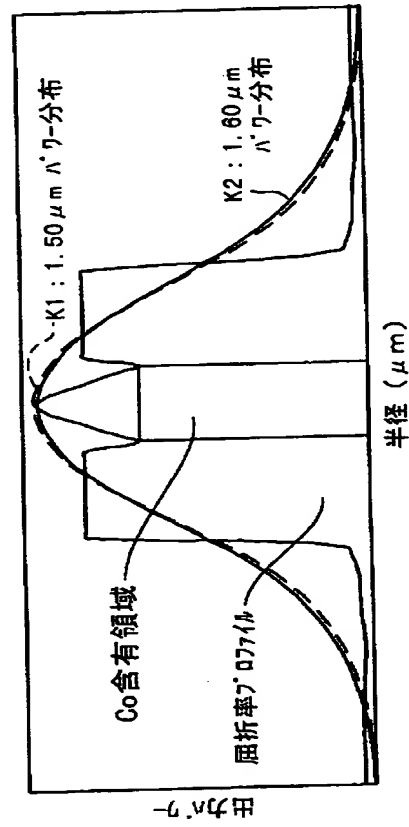
(a)



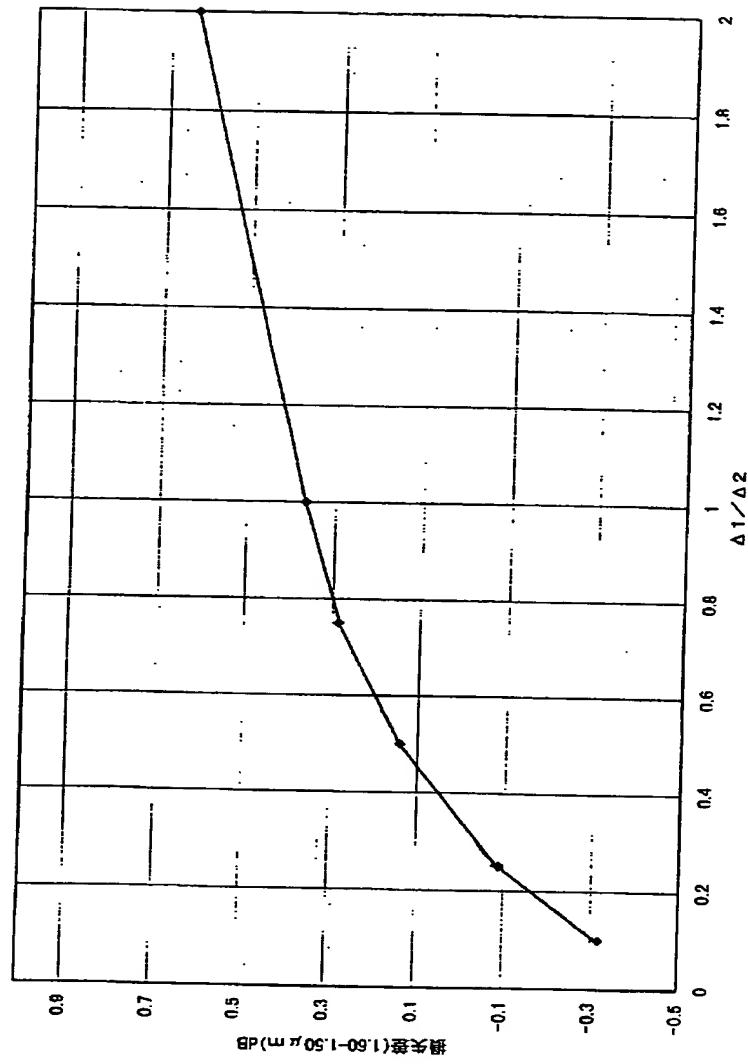
(b)



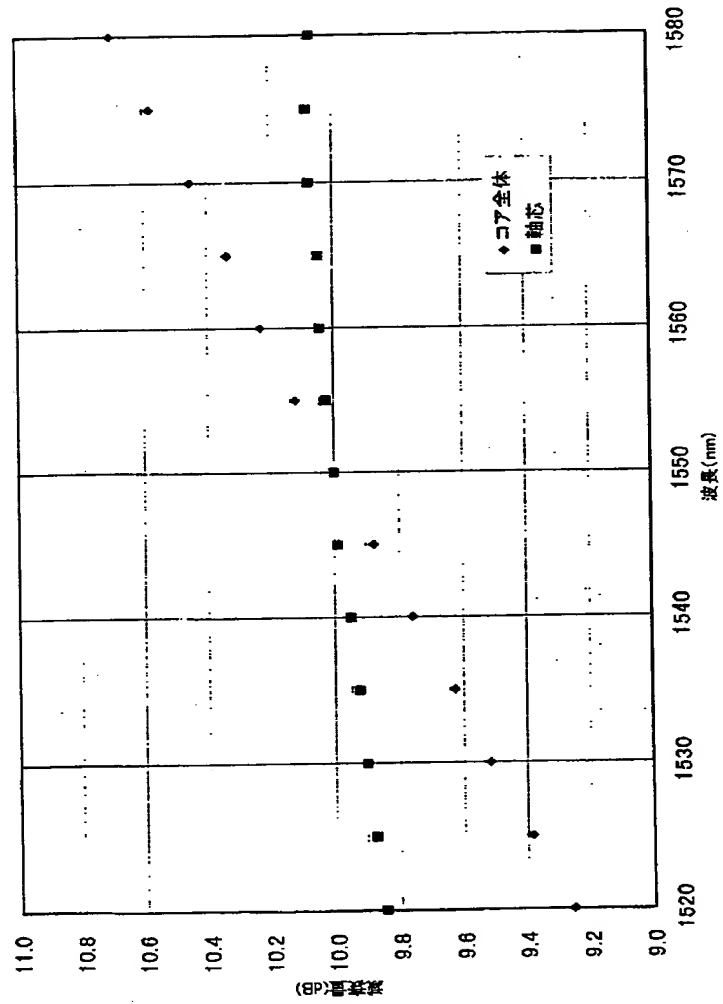
【図4】



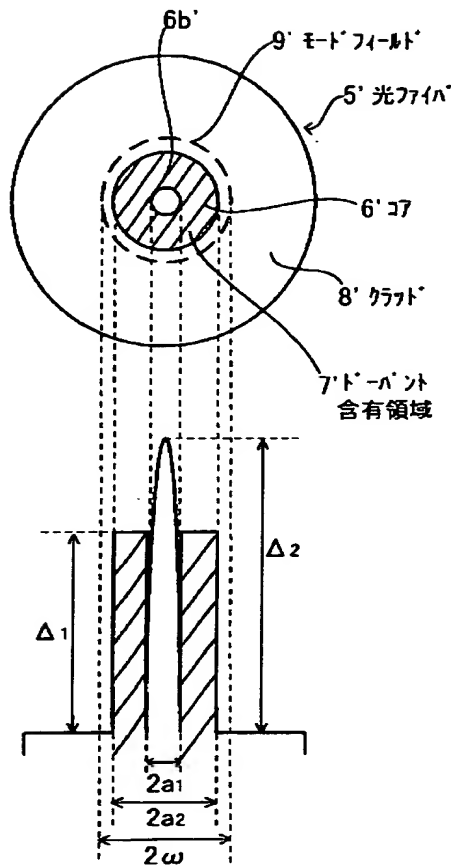
【図 5】



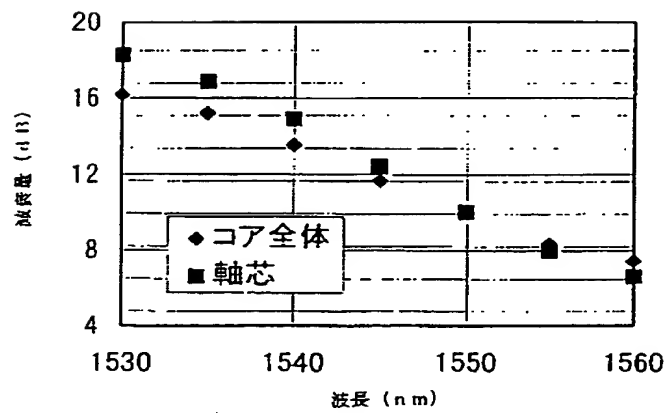
【図 6】



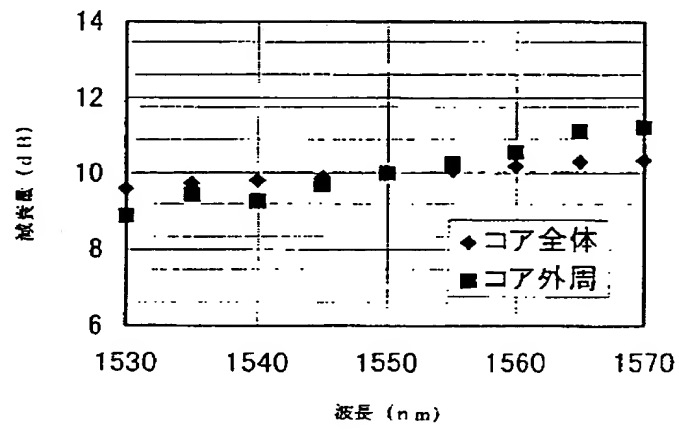
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】入力される異なる2種類の光信号の波長の差が小さい場合においても、略同程度の減衰量を得る光減衰器を得る。また、入力される異なる2種類の光信号の光減衰量の差を大きくする場合に、技術的に実現できる範囲のドーパント濃度で実現する。

【解決手段】光ファイバ5のコア6領域内の軸芯付近6aの屈折率をコアの外周部分6bに比べ高くすることでモードフィールドの波長依存性を大きくして、含有させるドーパント部材の種類と領域及びグラッドと軸芯の屈折率の差 $\Delta 2$ とグラッドの屈折率とコアのその他の部分の屈折率の差 $\Delta 1$ との比、 $\Delta 1/\Delta 2$ を考慮して、第1には、ドーパントの減衰量の波長依存性を相殺して、波長差が小さい場合においても略同一の減衰量を得る。第2には、ドーパント濃度の濃さを実現できる範囲に抑えつつ、減衰量の差を大きくする。

【選択図】図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002255]

1. 変更年月日 1990年 8月24日
 [変更理由] 新規登録
 住 所 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
 氏 名 昭和電線電纜株式会社

2. 変更年月日 2000年 1月 6日
 [変更理由] 住所変更
 住 所 神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
 氏 名 昭和電線電纜株式会社